



VŠB – Technická univerzita v Ostravě

Katedra robototechniky – 354

Návrh pracoviště pro paletizaci řetězů  
Design of Workplace for Paletization of Chains

Student:

Jiří Švec

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra robototechniky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Švec**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R013 Robotika  
Téma: **Návrh pracoviště pro paletizaci řetězů**  
**Design of Workplace for Paletization of Chains**

Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte současný stav expedice řetězů ve firmě Řetězárna a.s.
2. Na základě analýzy současného stavu definujte požadavky na automatickou paletizaci řetězů.
3. Navrhněte několik variant řešení paletizačního pracoviště. Pomocí hodnotové analýzy vyberte optimální variantu.
4. Vypracujte projektovou dokumentaci optimální varianty. Doložte potřebnými výpočty a výkresovou dokumentací.
5. V závěru zhodnoťte technicko-ekonomické parametry navrženého pracoviště.

Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online]. [cit. 2012-11-07]. Dostupné z www: <<http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>>
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] Moodle, kurz: Technická dokumentace ZS 2012. [online]. [cit. 2012-11-07]. Dostupné z www: <<http://vyuka.fs.vsb.cz/course/view.php?id=103>>
- [5] KÁRNÍK, L. *Periferní zařízení RTP*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. 127 s. ISBN 80-248-1221-5.
- [6] BURKOVIČ, J. *Navrhování RTP*. [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 2002 [cit. 2012-11-07]. 112 s. ISBN 80-248-0217-1. Dostupné z www: <<http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf>>
- [7] BURKOVIČ, J. *Mechanizace a automatizace výrobních zařízení*. [online]. [cit. 2012-11-07]. Dostupné z www: <<http://robot.vsb.cz/files/resources/mechanizace-a-automatizace-vyrobnich-zarizeni.pdf>>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013

prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Jeseníku: 20. 4. 2013

Jiří Švec

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

Strmá 7

Jeseník, PSČ 790 01

**Anotace bakalářské práce**

ŠVEC, J: Návrh pracoviště pro paletizaci řetězů. Ostrava: Katedra robototechniky, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012, 43 stran, Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem pracoviště pro ukládání řetězů do palet. V úvodu práce je popsán současný stav ukládání řetězů, výrobní postup řetězu a výrobní program firmy. Dále pak zhodnocení variant řešení.

Pro vybranou variantu řešení je navrženo robotizované pracoviště s prvky bezpečnosti práce.

V technické zprávě je popsána funkce robotizovaného pracoviště a detailně popsána funkce ukládání řetězu do palet pomocí lineárního ukladače.

V závěrečné části je uvedena výrobní kapacita řetězu podle průměru drátu.

Součástí bakalářské práce je výkresová dokumentace vybraného řešení.

ŠVEC, J: Design of Workplace for Paletization of Chains. Ostrava: Department of robotics, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2012, 43 pages, Bachelorwork, Mastermind doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

This bachelor thesis deals with the design of workplace for paletization of chains. In the introduction is described the current state of chain store, chain production process and company production program. Furthermore, the evaluation of alternative solutions.

For the selected solution is proposed robotic workstation with elements of safety.

The technical report describes the function of a robotized workplace and detailed function of the chain storing to pallets using a linear trimmers.

In the final part is the production capacity by sorted chain wire diameter.

The part of this bachelor thesis are drawings of the selected solution.

## OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### Obsah

<b>1</b>	<b>SOUČASNÝ STAV EXPEDICE ŘETĚZŮ VE FIRMĚ ŘETĚŽÁRNA A.S. ....</b>	<b>9</b>
1.1	POSTUP VÝROBY ČLÁNKOVÉHO ŘETĚZU .....	9
1.2	HLAVNÍ VÝROBNÍ PROGRAM.....	9
1.3	KATALOG PRODUKTŮ.....	10
1.4	ČLENĚNÍ ŘETĚZŮ.....	11
1.5	MECHANICKÉ VLASTNOSTI .....	11
1.6	ZKUŠEBNÍ OSVĚDČENÍ .....	12
1.7	POUŽÍVÁNÍ ZKOUŠENÝCH ŘETĚZŮ .....	12
<b>2</b>	<b>VÝROBNÍ POSTUP ČLÁNKOVÉHO ŘETĚZU .....</b>	<b>13</b>
2.1	OHÝBAČKA.....	13
2.1.1	Účel použití.....	13
2.1.2	Funkce .....	13
2.2	SVÁŘEČKA.....	17
2.2.1	Účel použití.....	17
2.2.2	Funkce .....	17
<b>3</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>NÁVRH VARIANT .....</b>	<b>21</b>
4.1	POPIS VARIANT .....	21
4.2	VÝBĚR KRITÉRIÍ POMOCÍ HODNOTOVÉ ANALÝZY.....	28
4.3	HODNOTY A VÝZNAM KRITÉRIÍ .....	28
4.4	VYHODNOCENÍ VARIANT .....	31
4.4.1	Varianta A .....	31
4.4.2	Varianta B .....	32
4.4.3	Varianta C .....	32
4.4.4	Vyhodnocení všech variant.....	32
<b>5</b>	<b>ŘEŠENÍ VARIANTY C .....</b>	<b>33</b>
5.1	FUNKCE .....	33
5.2	ROZMÍSTĚNÍ STROJŮ .....	34
5.3	TECHNICKÁ SPECIFIKACE ZAŘÍZENÍ .....	35
5.3.1	Drátotah RMG – pozice 3 .....	35
5.3.2	Ohýbací stroj – pozice 4.....	35

---

5.3.3	<i>Svářecí stroj – pozice 5</i> .....	35
5.3.4	<i>Lineární ukladač – pozice 7</i> .....	37
<b>6</b>	<b>KAPACITNÍ VÝPOČTY</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>EKONOMICKÝ ROZPIS VARIANTY C</b> .....	<b>42</b>
7.1	POŘIZOVACÍ NÁKLADY UKLADAČE .....	42
7.2	MZDOVÉ NÁKLADY .....	42
7.3	NÁVRATNOST INVESTICE .....	42
<b>8</b>	<b>BEZPEČNOST</b> .....	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>43</b>

**SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ**

a	[m·s <sup>-2</sup> ]	Zrychlení
D <sub>55</sub>	[Kč]	Den 55%
D <sub>C</sub>	[den]	Celkový počet dnů v roce
D <sub>P</sub>	[den]	Počet pracovních dnů v roce
D <sub>SO</sub>	[den]	Počet sobot v roce
D <sub>NE</sub>	[den]	Počet nedělí v roce
D <sub>SV</sub>	[den]	Počet placených svátků v roce
d	[mm]	Průměr
F	[N]	Síla
H <sub>ef</sub>	[hod]	Efektivně odpracované hodiny za směnu
i	[-]	Počet závitů
I <sub>nf</sub>	[%]	Inflace
m	[kg]	Hmotnost
N <sub>el</sub>	[Kč]	Roční náklady elektrické energie
N <sub>fix</sub>	[Kč]	Celkové fixní náklady
N <sub>h</sub>	[Kč]	Hodinová mzda
N <sub>j</sub>	[Kč/kWh]	Cena za jednotku elektrické energie
N <sub>rc</sub>	[Kč]	Celkové náklady
N <sub>r</sub>	[Kč]	Mzdové náklady za jeden rok
N <sub>s</sub>	[Kč]	Mzdové náklady na jednu směnu
p	[MPa]	Provozní tlak
P <sub>jc</sub>	[kč/kWh]	Celkový příkon elektrické energie na jeden výrobek
P <sub>r</sub>	[kWh]	Roční spotřeba elektrické energie
P <sub>C</sub>	[kWh]	Celkový příkon elektrické energie
l	[m]	Vzdálenost



---

$Q_{md}$	[ks]	Objem výroby za den
$Q_{mr}$	[ks]	Objem výroby za rok
$Q_{ms}$	[ks]	Objem výroby za směnu
$r$	[m]	Poloměr
$s$	[-]	Směnnost
$S$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha
$t$	[sec]	Čas
$t_k$	[min]	Čas výroby článku
$T_r$	[hod]	Počet hodin v pracovních dnech za rok
$T_s$	[hod]	Počet hodin v jedné směně
$T_1$	[min]	Seřízení stroje
$T_2$	[min]	Zadání práce
$T_3$	[min]	Osobní přestávky
$T_4$	[min]	Přestávky na jídlo
$v$	[m·s <sup>-1</sup> ]	Rychlost
$V_{rh}$	[Kč]	Hrubý roční zisk
$Z_+$	[Kč]	Zisk před zdaněním
$Z_{-55}$	[Kč]	Zisk
$Z_{rč}$	[Kč]	Čistý roční zisk
$\beta$	[°]	Vrcholový úhel
$\lambda$	[-]	Součinitel plnění norem
$\pi$	[-]	Ludolfovo číslo
OM	[-]	Objekt manipulace

## 1 Současný stav expedice řetězů ve firmě Řetězárna a.s.

### 1.1 Postup výroby článkového řetězu

Výroba článkového řetězu se provádí dvěma způsoby :

- a) do průměru 18mm z taženého drátu a ohýbání článků za studena.
- b) nad 18mm průměru drátu, řezáním tyčovin na úpichy dané délky a ohýbáním článků za tepla.

**Řezání úpichů** – se provádí na pilách Bomar STG400 na požadovanou délku dle návodky. Je nutno dodržet kolmou a čistou plochu bez otřepů. Ukládání se provádí do železných beden „Mars velká“ s nosností 1500kg.

**Ohýbání** – do průměru 18mm na strojích KER za studena a nad průměr 18mm na ohýbačkách KBA 40 za tepla. Kde se úpich ohřeje mezi elektrodami na teplotu cca 800°C a pomocí rolen se ohne v půlených trnech. Přidržovací hlava článku, článek vytáhne z trnu, pootočí o 90° a vloží do vybrání v půleném trnu, kam znovu najíždí další úpich.

**Omílání délkových řetězu** – pro odstranění okují a zaoblení hran v leštícím bubnu.

**Svařování** – na strojích Miebach GSKK24, Wafios: KEH5, KEH7, KEH8 s odtavením vlastního materiálu a okrojením výronku ze svaru.

**Tepelné zpracování** – pramen řetězu prochází induktorem, kde se zahřeje na kalící teplotu a schladí ve vodní lázni. Odkud jde do popouštěcího induktoru kde se popustí.

**Kalibrování** – se provádí na zpřesnění rozměru řetězu a zároveň jako tahová zkouška, kde se zjistí, zda svár nepraskne.

**Značení** – na zvolené články řetězu se pod značícím lisem vyrazí identifikační znaky. Tyto znaky slouží ke zpětnému dohledání výrobní cesty řetězu.

### 1.2 Hlavní výrobní program

Výroba svařovaných článkových řetězů od průměru 2 mm do průměru 60 mm v jakosti 24 až 100. Dále pak výroba řetězového kovaného příslušenství, jako jsou různé háky, třmeny, spojky atd. do hmotnosti 7,5 kg. Také se vyrábí tažený drát od průměru 1,8 do průměru 16 mm. Výrobky se dodávají v metráži, tj. v nekonečných délkách, nebo v různých výrobcích. Jsou to např. závěsné vazací

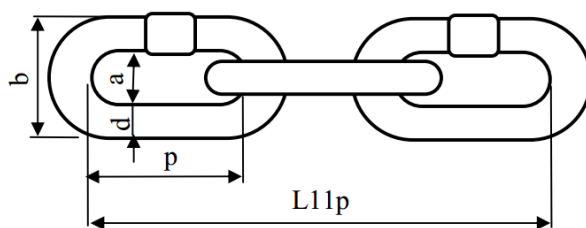
prostředky, ochranné řetězy na kolové nakladače do vysoce abrazivního prostředí, sněhové řetězy na nákladní a osobní automobily, záběrové řetězy do nejrůznějších dopravníků, důlní řetězy, rybářské řetězy a celá řada dalších výrobků. Jakost je řízena dle ISO 9001:2008, ekologie dle ISO 14001:2004 a ochrany zdraví a bezpečnosti při práci OHSAS 18001:2007.

### 1.3 Katalog produktů

- a) **Řetězy zkoušené:** PN 02 3221 , PN 02 3222 , DIN 762 , DIN 763 , DIN 764 ,  
DIN 766
- b) **Důlní řetězy :** PN 02 3215 , DIN 22 252
- c) **Komponenty pro hřeblové dopravníky :** hřebla , třmeny
- d) **Řetězy nezkoušené :** PN 02 3271 , PN 02 3272 , PN 02 3275 , PN 02 3276 ,  
DIN 5685 , DIN 5686
- e) **Komponenty pro řetězové elevátory :** řetězy RC4 a RC5  
třmeny RC4 a RC5
- f) **Závěsné řetězy :** jakost 24 – PN 02 3230 , PN 023230 , PN 023235 nekonečné,  
TP 203-15-90 v závěsné části s háky , TP 303-48-75 ukončené přechodnými  
články.  
: jakost 80 – jednoramenné , dvouramenné , tříramenné ,  
čtyřramenné
- g) **Příslušenství závěsných řetězů:** jakost 24 – závěsná oka a přechodní články  
jakost 80 – závěsné hlavy, háky, závěsná oka  
jakost 50 - napínák s ráčnou, hák s okem,  
třmen se závitovým svorníkem,  
třmen se šroubem a maticí
- h) **Ochranné řetězy :-** Velikost 11  
- Velikost 14  
- Velikost 16  
- Velikost 18  
- Spojovací a náhradní díly  
- Montážní příslušenství a nářadí
- i) **Řetězy a příslušenství pro lesní hospodářství:** úvazky na stahování dřeva
- j) **Tažený drát**

## 1.4 Členění řetězů

- **Jakost řetězu** – jakostní třída je souhrn vlastností, které charakterizují užitnou hodnotu řetězu. Jakost třídy „B“ je řetězem s minimálním napětím při přetržení 630 MPa, třídy „C“ 800 MPa, řetězy s označením RCV 9 – 900 MPa. Jakost třídy 30 má minimální napětí při přetržení 300 MPa (jakost 24 = 240 MPa)
- **Rozměrová přesnost** – pro dosažení rozměrové přesnosti jsou řetězy v průběhu kalibrovány. Krátké řetězové úseky (5 až 15 článků) jsou mimo to ještě kontrolovány na celkovou délku, která nesmí být mimo toleranci uvedenou v normě pro daný počet článků úseku.
- **Rozměry a označení řetězů** – jmenovitá tloušťka „d“ – průměr kruhové oceli.
  - Rozteč „p“ – vnitřní délka řetězového článku.
  - Jmenovitá velikost „d x p“ – označuje jmenovitou tloušťku a rozteč článku.
  - Vnitřní šířka „a“ světlost článku měřená mimo svár (DIN – v místě svaru).
  - Vnější šířka „b“ šířka článku měřená mimo svár
  - Délka řetězového úseku „L=n x p“ Vnitřní délka řetězového úseku, která udává dovolené délkové tolerance kalibrovaného řetězu.



Konkrétní rozměry jsou uvedeny v jednotlivých normách a technických podmínkách.

Obr. 1 Rozměry řetězu

## 1.5 Mechanické vlastnosti

- Pevnost v tahu – napětí při dovoleném, zkušebním a trhacím zařízení se vypočte jako podíl zatěžující síly „F“ a dvojnásobku průřezu „S“, který vychází ze jmenovité tloušťky článku.

$$\sigma = \frac{F}{2S} \quad S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$\sigma$  = napětí, pevnost v tahu (N/mm<sup>2</sup>, MPa)

$d$  = jmenovitá tloušťka článku (mm)

$F$  = zatěžující síla (N)

$S$  = průřez ( $\text{mm}^2$ )

- **Dovolené zatížení** – maximální tažná síla, kterou je možno řetěz v provozu zatěžovat. Tento údaj stanovuje výrobce zařízení, ve kterém je řetěz používán.
- **Výrobní zkušební zatížení** – řetěz je vystaven působení síly v celé jeho délce po tepelném zpracování. Tato síla se musí pohybovat v mezích daných normou.
- **Síla při přetržení** – největší síla, která byla dosažena do přetržení při zkoušce tahem na daném vzorku.
- **Prodloužení při přetržení** – hodnota celkového prodloužení při přetržení se zjistí z diagramu „zatížení – prodloužení“ a je vyjádřena v % .
- **Ohybová zkouška svaru** – zkouška prověří jakost svaru. Řetězový článek se bez rázů prohne o rozměr „ $f$ “ dle norem a nesmí přitom dojít k porušení svaru.

## 1.6 Zkušební osvědčení

Na všechny řetězy je vystaveno zkušební osvědčení. Atest obsahuje údaje o výrobcí, číslo atestu, číslo objednávky, název, rozměr řetězu a mechanické vlastnosti, případně další sjednané vlastnosti řetězu.

## 1.7 Používání zkoušených řetězů

- **Doprava a uskladnění** – řetězy musí být transportovány a uskladněny v podmínkách vylučujících působení atmosférických vlivů a látek podporující korozi, které výrazně zkracuje životnost nového řetězu.
- **Všeobecné pokyny** – s řetězem je třeba zacházet jako se strojním zařízením a podle konkrétního zařízení a pracoviště uživatel sám stanoví omezující podmínky a tím zajistí přiměřenou životnost řetězu.
- **Montáž řetězu** – montáž a předpětí se provádí dle technických podmínek a návodu pro obsluhu od výrobce zařízení. Řetěz musí mít takové napětí, aby se nehromadil za hnacím kolem, ale nesmí překročit 25% tahu výkonu pohonné jednotky.

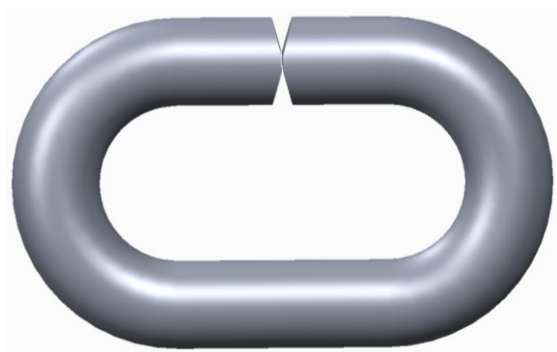
- **Používání za různých teplot** – používá-li se řetěz za nepříznivých teplotních podmínek, musí se dovozené pracovní zatížení snížit na hodnoty, které uvádí výrobce.
- **Dovolené zatížení** – řetěz nesmí být přetěžován a vystaven rázům, které snižuje životnost řetězu. Proto se vkládají prvky proti přetížení (pružné kluzné spojky, střížné kolíky apod.).
- **Vyřazení řetězů z používání** – Prodloužení řetězu více jak 2% (měřeno na 5 článcích), opotřebení řetězových článků více jak o 10% původního průřezu.

## 2 Výrobní postup článkového řetězu

### 2.1 Ohýbačka

#### 2.1.1 Účel použití

Ohýbačka řetězů modelové řady KER slouží k racionální výrobě řetězů z kulaté oceli s Vysokou kvalitou povrchu. Vyrobené články řetězu mají místo styku stříškovitého tvaru v rovném rameni.

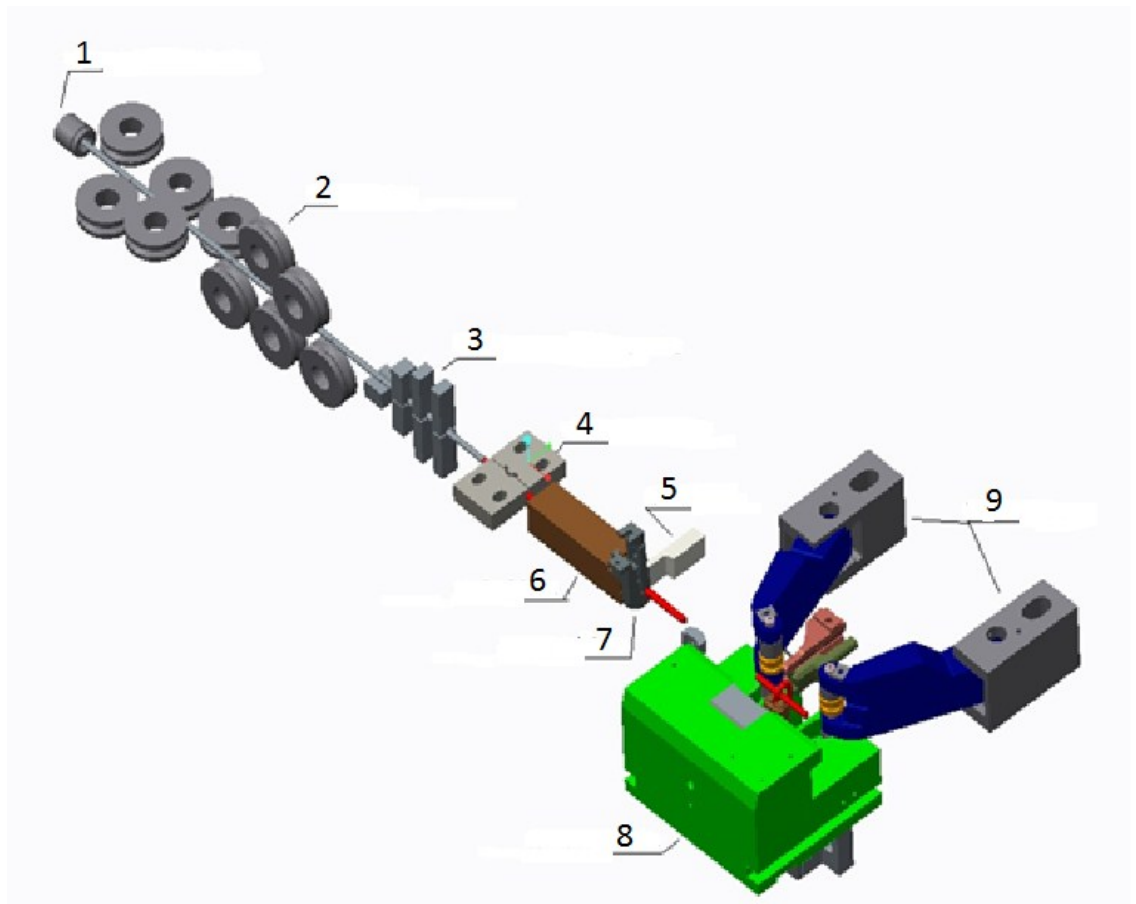


Obr. 2 Ohnutý článek

#### 2.1.2 Funkce

Z odvíječe odtažený řetězový drát je narovnan a zaveden do razící vrubovací stanice, posouvateľné ve směru drátu.

Tam je opatřen prohnutím vlnovitého tvaru, které později tvoří zadní zaoblení ohnutého článku řetězu. Mimo to se na obou koncích drátu ve vzdálenosti rozvinuté délky oka řetězu vytvoří vruby střežovitého tvaru pomocí dvou klínovitých vrubovacích nožů, jejichž břity jsou navzájem vyrovnány.



Obr. 3 Sestavení nástrojů ohýbačky

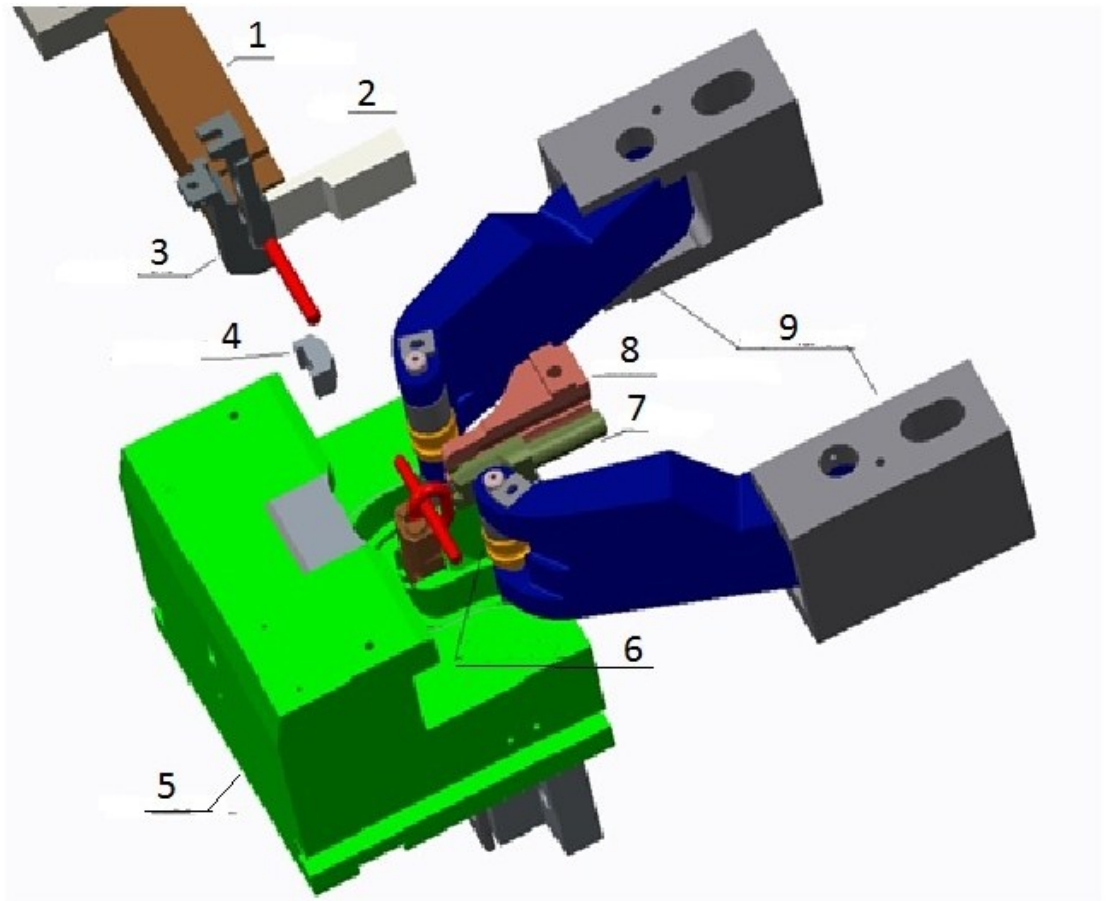
### Popis sestavy

1. Vstup drátu do ohýbačky KER
2. Rovnací rolny
3. Přidržovací a nástřižná stanice
4. Prolisování úpichu
5. Střižný nůž
6. Vedení drátu
7. Podavač úpichů
8. Základová deska
9. Ohýbací ramena

Bočně, o několik dělení přesazená, se nachází druhá stanice, ve které je nyní přes pohyblivé odtlačovací pouzdro uchopena vyčnívající délka rozvinutého oka pomocí transportních kleští a je přitlačena proti pevně stojícímu noži.

Následně transportují kleště rozvinutý článek k ohýbací stanici a zavedou jej do předtím ohnutého vertikálního článku, který je držen natáčecími kleštěmi.

Než rozvinutý článek řetězu dosáhne své koncové polohy, nechají natáčet kleště vertikálně přidržovaný článek řetězu spadnout na ještě se pohybující rovný článek. Pomocí tohoto zbytkového pohybu dosud rovného článku se visící článek vychýlí doprava.



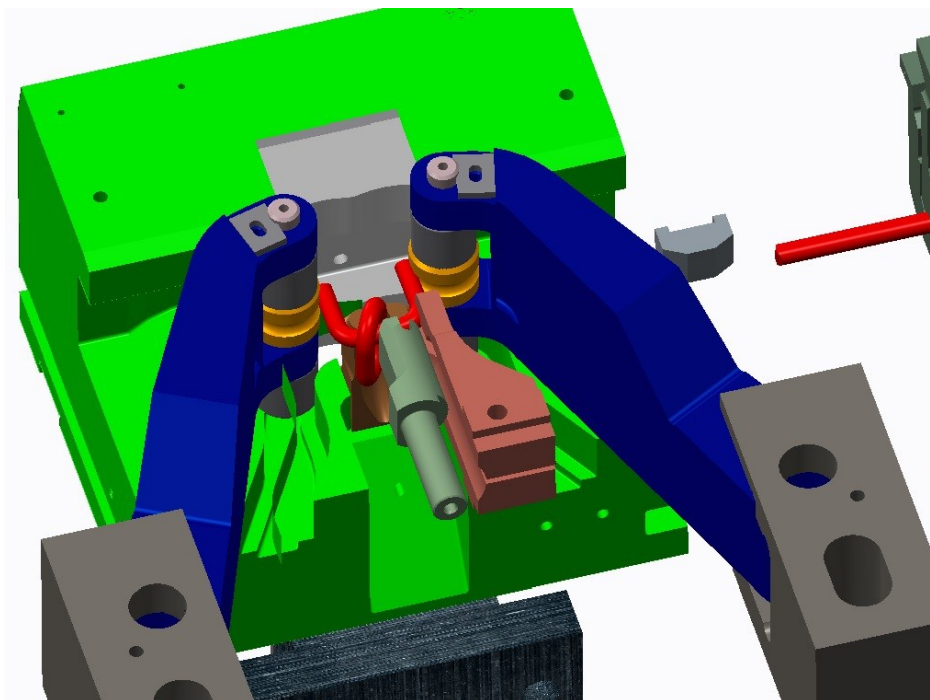
Obr. 4 Vložení úpichu do článku

#### Popis sestavy:

1. Vedení úpichu
2. Střížný nůž
3. Podavač úpichu
4. Vodící podložka
5. Základová deska
6. Ohýbací rolny
7. Dotlačovák
8. Otáčecí uchopovač článku
9. Ohýbací ramena



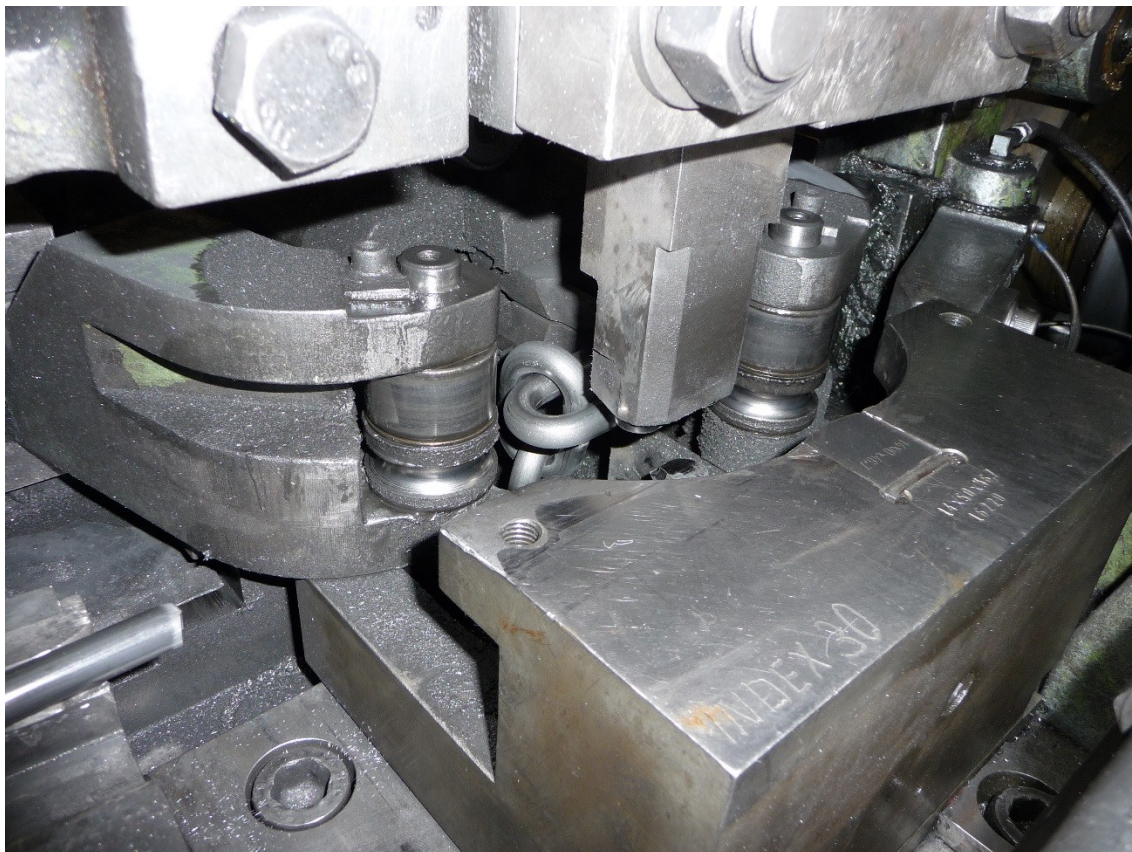
Posuvný, zezadu přicházející přidržovač nyní tlačí prohnutí, vyražené na rozvinutém novém článku, na ohýbací trn a drží jej tak bezpečně a pevně. V této ohýbací stanici následuje konečné ohýbání článku řetězu o jedno- nebo dvoudílný ohýbací trn se dvěma otočně uloženými ohýbacími rameny, a je nuceně zaveden kladkami do tvarové desky, odpovídající tvaru článku řetězu.



Obr. 5 Ohyb do tvaru U

Po ukončení procesu ohýbání se spodní i horní ohýbací trn posunou zpátky. Natáčecí kleště odtáhnou horizontálně ležící článek řetězu s na něm zavěšeným řetězem dozadu, otočí jej o 90° a posunou jej opět dopředu do k tomu účelu vytvořeného vybrání v ohýbacím trnu.

Nyní mohou transportní kleště mezitím opět zadním prohnutím a střechovitými vrcholy opatřený nový rovný článek zavést do ohýbací stanice, kde pracovní proces, popsany výše, opět pokračuje.



Obr. 6 Detail nástrojů ohýbacího stroje

## 2.2 Svářečka

### 2.2.1 Účel použití

Předpokladem je použití řetězových materiálů, které splňují následující požadavky:

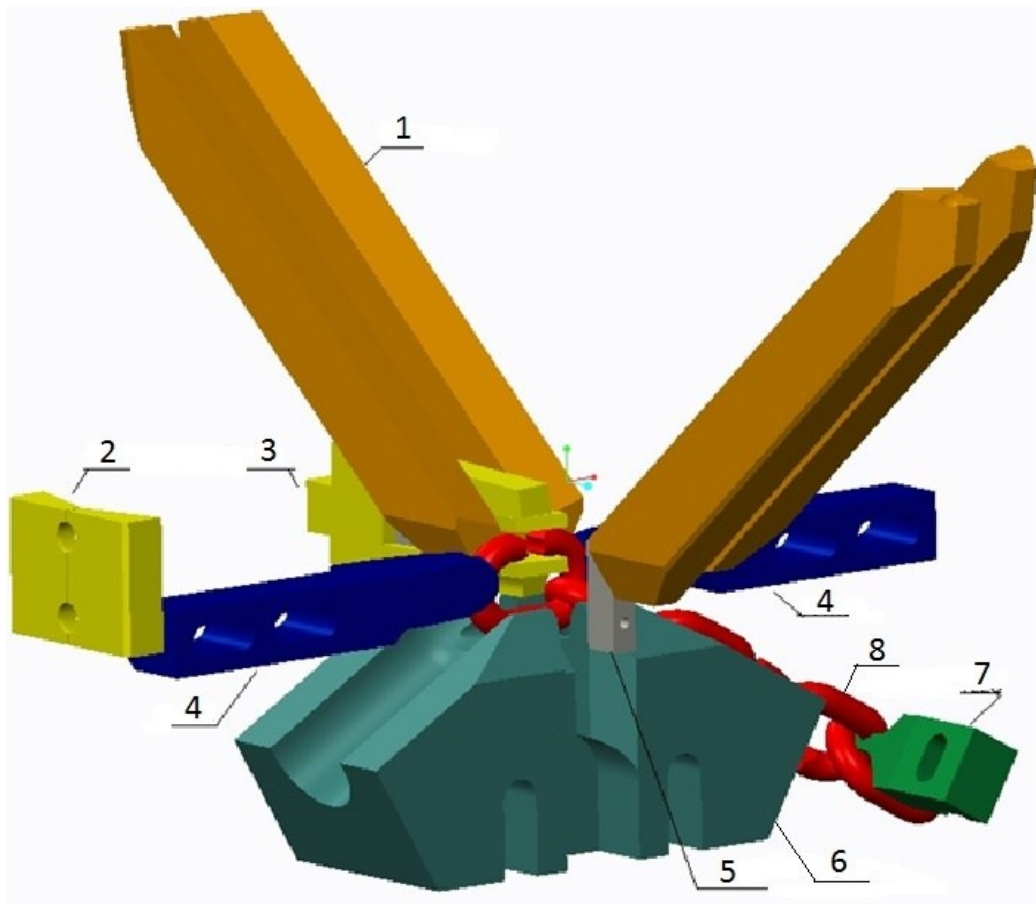
- leskle tažený materiál, vhodný pro proces odporového tlakového sváření na tupo (pro vysoce kvalitní řetězy použití řetězových ocelí DIN 17115)
- precizně naohýbané řetězové články s oboustranným vrubováním
- přiváděný řetěz musí být odmaštěný

### 2.2.2 Funkce

Stroj pracuje plně automaticky postupem odporového tlakového sváření na tupo. Řetěz je článek po článku průběžně sváren a jsou odštířeny výronky. Naohýbaný řetěz je pomocí příslušného vedení přiveden k místu sváření. Každý článek řetězu je ustaven do svislé polohy a pomocí pýchovacích želez upnut symetricky na kovadlinu.

Potom jsou přiloženy elektrody. Během sváření je článek řetězu řízeně stlačený, přičemž je přebytečný materiál vytlačován do svářecího výronu. Nepřetržitě

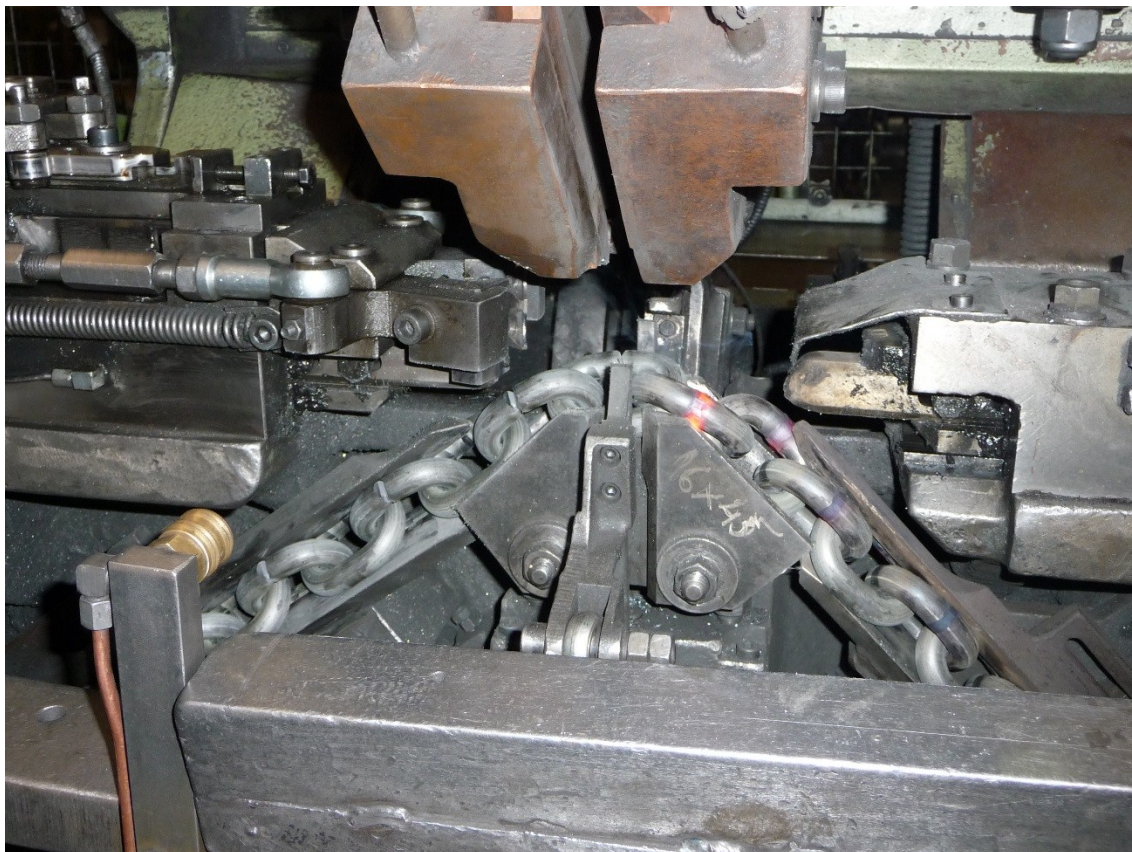
vyvozovaná pýchovací síla přitom slouží jako řídicí veličina regulace sváření a zajišťuje konstantní ohřev místa sváru. Na konci procesu sváření se svářecí proud vypne a elektrody se otevřou. Svářecí výron je pak ve dvou operacích odstraněn: nejprve příčně, potom podél ramene článku řetězu. Po otevření pýchovacích želez je řetěz transportován o jeden článek dál.



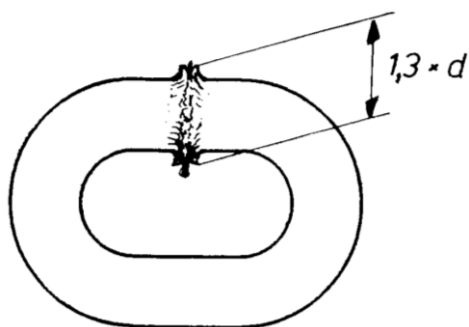
Obr. 7 Sestava nástrojů při svaření článků

1. Elektrody
2. Boční nože ořezu
3. Zadní nože ořezu
4. Pýchovací patka
5. Stavítko článku
6. Základové sedlo
7. Palec potahu
8. Řetěz





Obr. 8 Řetěz ve svářecím stroji KEH



Obr. 9 Svařený neokrojený článek



Obr. 10 Svařený okrojený článek

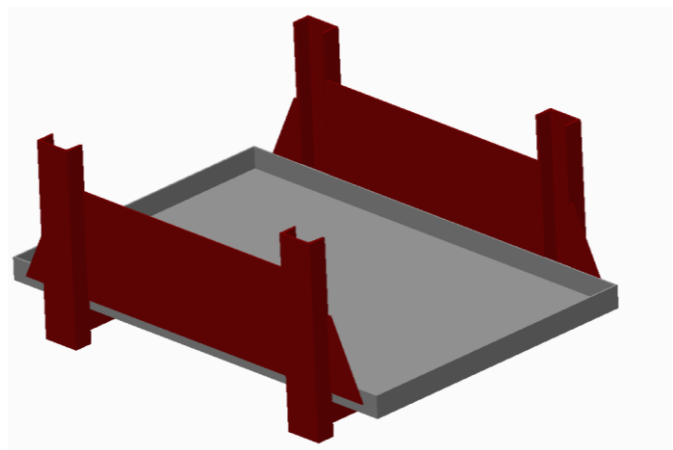
### 3 Analýza současného stavu

V současné době se ukládá délkový řetěz procházející přes soukač do palet ručně. Při ukládání řetězu do palet, by měl být řetěz rovnoměrně rozložen po celé ploše palety, aby nemohlo dojít k sesmeknutí, či převrhnutí palety při manipulaci. Množství uloženého řetězu nesmí přesahovat horní obrys palety a ani nesmí být přetížena. Obsluha při ukládání řetězu do palety musí mít rukavice a musí dávat pozor, aby se nedotknula horkého řetězu. Po naplnění palety daným počtem článků, obsluha ustříhne článek hydraulickými nůžkami a odveze jeřábem na určené místo pro další zpracování řetězu.



Obr. 11 Současné ruční ukládání

Používají se tři druhy palet: - kovová, na bocích otevřená (nosnost 2000kg)



Obr. 12 Otevřená železná paleta

- kovová ohradová „Mars velká“ (nosnost 1500kg), rozměr 1200x800x600mm



Obr. 13 Paleta MARS

- papírová paleta z pětivrstvé lepenky, která je vložena v igelitovém pytli a postavená na dřevěné europaletě. (Rozměry papírové palety 1200x800x600mm)



Obr. 14 Papírová paleta na EURO paletě

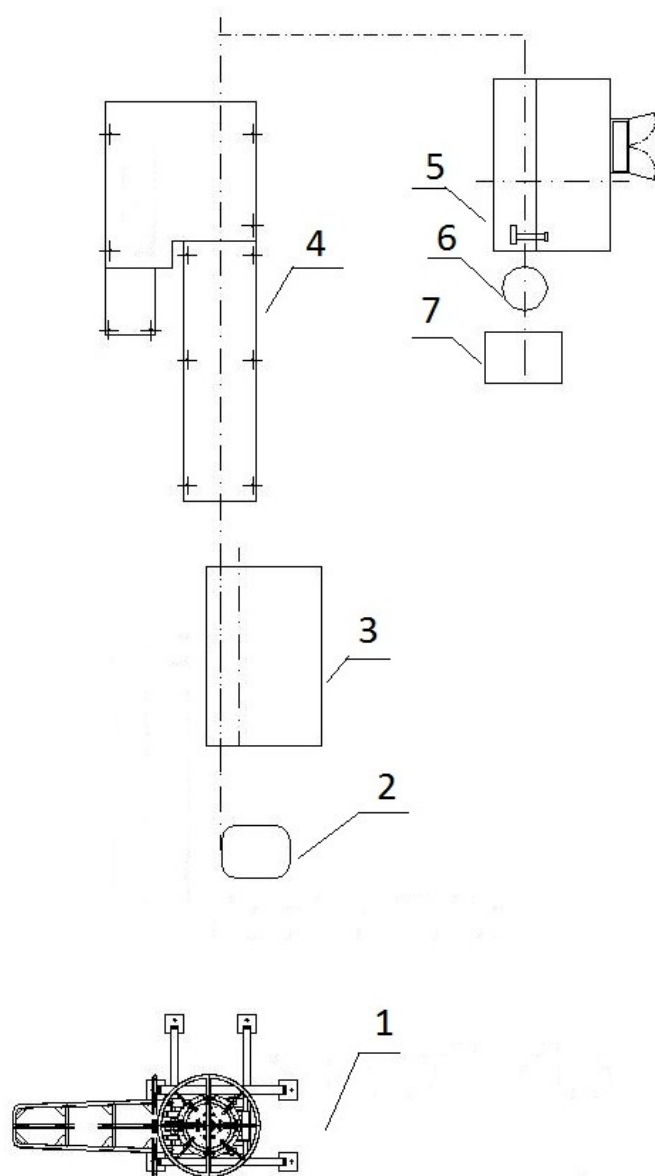
## 4 Návrh variant

### 4.1 Popis variant

1. Varianta A – navržená varianta č. 1 ( mechanická roura )
2. Varianta B – navržená varianta č. 2 ( průmyslový robot )
3. Varianta C – navržená varianta č. 3 ( lineární manipulátor )

**Varianta A**Legenda k variantě A:

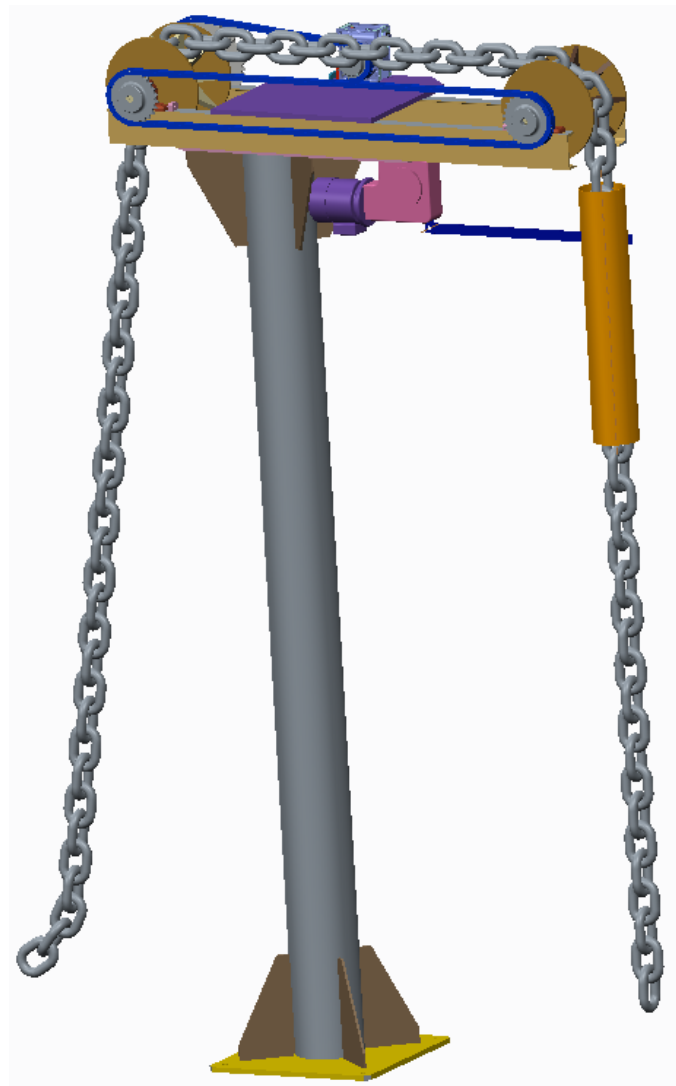
- 1 – stojan na svitek drátu ( odvíjedlo )
- 2 – rovnačka drátu
- 3 – drátotah RMG
- 4 – ohýbačka článků KER 7
- 5 – svářečka článků KEH 7
- 6 – soukač řetězu s mechanickou rourou
- 7 -paleta

**Obr. 15 Varianta A**



## Popis činnosti:

- Ze svitku drátu na odvíjedle jede drát do drátotahu.
- Drátotahem se drát natáhne na požadovaný průměr.
- V ohýbačce a drát dělí na nastavenou délku úpichu a v půlených trnech se pomocí rolen ohne články. Přidržovač články uchopí, vytáhne z trnů a otočí o 90 stupňů, vloží za trny. Okem článku projede další úpich a cyklus se opakuje.
- Ohnutý řetěz se ve svářečce po článku svaří a okrojí výronek.
- Řetěz se přes soukač pomocí mechanické roury uloží do palety
- Manipulace s paletou provádí obsluha portálovým jeřábem.
- Odvoz palety na další zpracování.

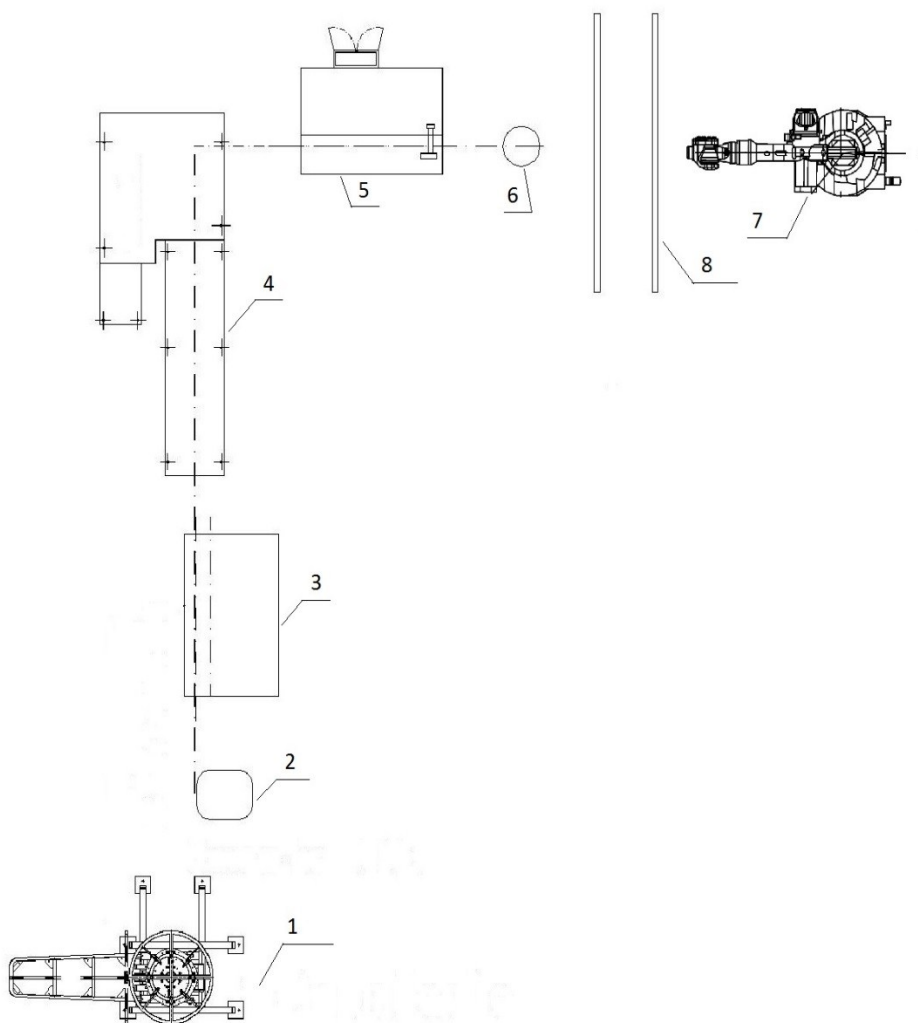


Obr. 16 Soukač s ukládací rourou



**Varianta B**Legenda k variantě B:

- 1 – stojan na svitek drátu ( odvíjedlo )
- 2 – rovnačka drátu
- 3 – drátotah RMG
- 4 – ohýbačka článků KER 7
- 5 – svářečka článků KEH 7
- 6 – soukač řetězu
- 7 – ukládání řetězu průmyslovým robotem KUKA KR16
- 8 – automatická výměna palety

**Obr. 17 Varianta B**

## Popis činnosti:

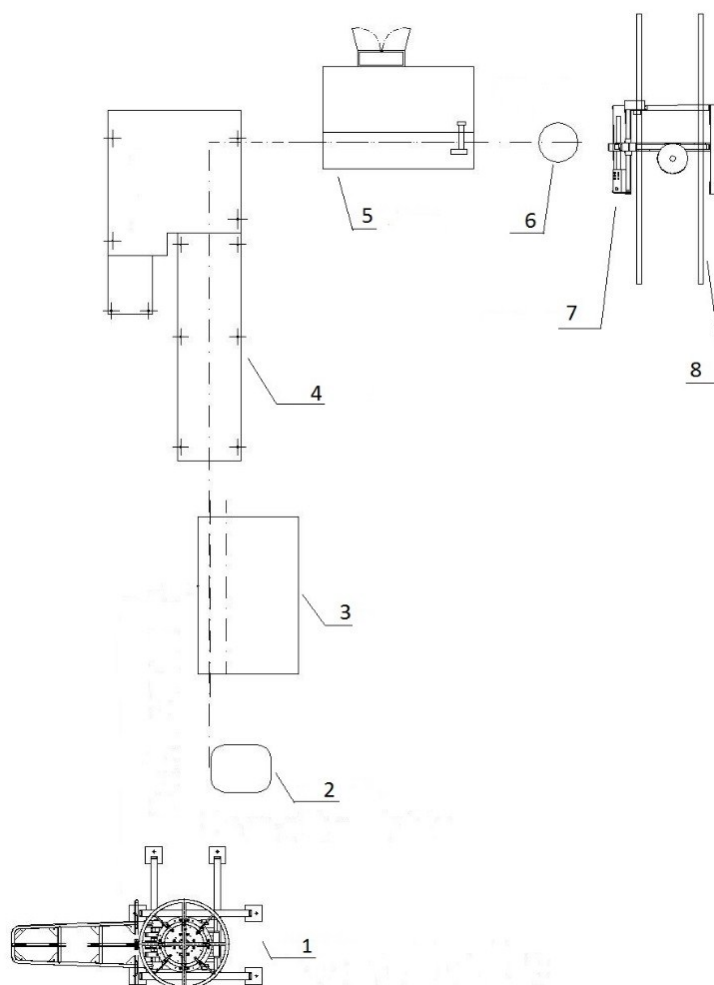
- Ze svitku drátu na odvíjedle jede drát do drátotahu.
- Drátotahem se drát natáhne na požadovaný průměr.
- V ohýbačce a drát dělí na nastavenou délku úpichu a v půlených trnech se pomocí rolen ohne článek. Přidržovač článků uchopí, vytáhne z trnů a otočí o 90 stupňů, vloží za trny. Okem článku projede další úpich a cyklus se opakuje.
- Vzniklý řetěz se ve svářečce po článku svaří a okrojí výronek.
- Přes soukač se pomocí průmyslového robotu KUKA KR16 uloží řetěz do palety.
- Automatický odvoz palety.



Obr. 18 Servisní robot KUKA KR16

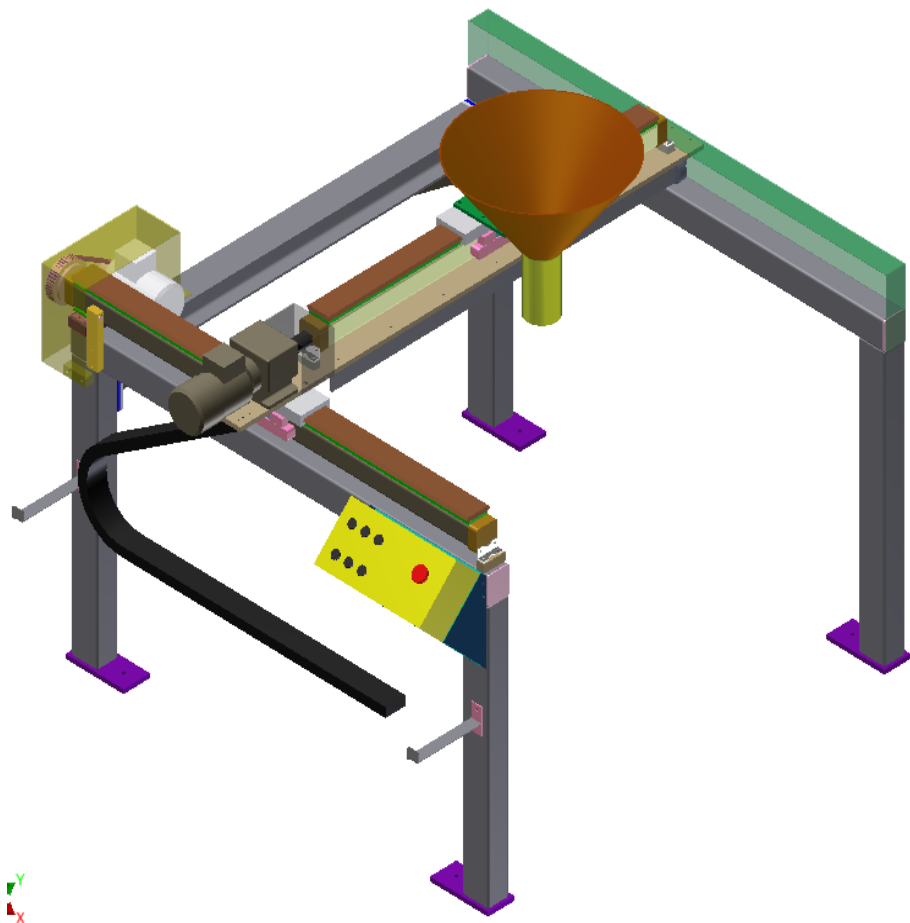
**Varianta C**Legenda k variantě C:

- 1 – stojan na svitek drátu ( odvíjedlo )
- 2 – rovnačka drátu
- 3 – drátotah RMG
- 4 – ohýbačka článků KER 7
- 5 – svářečka článků KEH 7
- 6 – soukač řetězu
- 7 – ukládání řetězu lineárním ukladačem
- 8 – automatická výměna palety

**Obr. 19 Schéma pracoviště C**

## Popis činnosti:

- Ze svitku drátu na odvíjedle jede drát do drátotahu.
- Drátotahem se drát natáhne na požadovaný průměr.
- V ohýbačce a drát dělí na nastavenou délku úpichu a v půlených trnech se pomocí rolen ohne články. Přidržovač články uchopí, vytáhne z trnů a otočí o 90 stupňů, vloží za trny. Okem článku projede další úpich a cyklus se opakuje.
- Vzniklý řetěz se ve svářečce po článku svaří a okrojí výronek.
- Přes soukač se pomocí lineárního ukladače uloží řetěz do palety.
- Automatický odvoz palety.



Obr. 20 Lineární ukladač



<b>Varianta B</b>	<b>44 570 000,- Kč</b>
Linka na výrobu řetězu	38 000 000,- Kč
Průmyslový robot KUKA Kr. 16-2	3 780 000,- Kč
Portálový jeřáb	2 400.000,- Kč
Soukač řetězu	200 000,- Kč
Výroba pojezdu palet	150 000,- Kč
Stavební úpravy	40 000,- Kč

<b>Varianta C</b>	<b>41 131 099,- Kč</b>
Linka na výrobu řetězu	38 000 000,- Kč
Lineární ukladač	341 099,- Kč
Portálový jeřáb	2 400.000,- Kč
Soukač řetězu	200 000,- Kč
Výroba pojezdu palet	150 000,- Kč
Stavební úprav	40 000,- Kč

K4 Využití možnosti výrobní kapacity firmy      B<sub>K4</sub>      hodnocení 8

Varianta A      5

Varianta B      3

Varianta C      7

Firma má výrobní kapacity pro třískové obrábění a výrobu svařenců.

K5 Nároky na obsluhu      B<sub>K5</sub>      hodnocení 8

Varianta A      8

Varianta B      1

Varianta C      1

Obsluhu při paletizování řetězu obstarává robot

K6 Zastavěná plocha      B<sub>K6</sub>      hodnocení 3

Varianta A      18 m<sup>2</sup>

Varianta B      21,5 m<sup>2</sup>

Varianta C      19 m<sup>2</sup>

K7 Možnost bezsoftwarového použití  $B_{K7}$  hodnocení 6

Varianta A 6

Varianta B 3

Varianta C 2

K8 Ergonomie pracoviště  $B_{K8}$  hodnocení 6

Varianta A 3

Varianta B 5

Varianta C 6

### Tabulkový souhrn hodnotících kritérií

Číslo kritéria	Varianta			$\square a_k$
	A	B	C	
	$h_k$	$h_k$	$h_k$	
K1	3	3	3	9
K2	2	9	9	20
K3	5	3	8	16
K4	5	3	7	15
K5	9	5	7	21
K6	6	3	4	13
K7	6	3	5	14
K8	3	5	6	14

Tab. 1 Tabulkový souhrn hodnotících kritérií

**Vyhodnocení kritérií**

Porovnávané páry kritérií							Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
K1 K2	K1 K3	K1 K4	K1 K5	K1 K6	K1 K7	K1 K8	1,5	8	1,19
	K2 K3	K2 K4	K2 K5	K2 K6	K2 K7	K2 K8	5	1	1,63
		K3 K4	K3 K5	K3 K6	K3 K7	K3 K8	6	2	1,67
			K4 K5	K4 K6	K4 K7	K4 K8	5,5	3	1,69
				K5 K6	K5 K7	K5 K8	3,5	4	1,44
					K6 K7	K6 K8	1	6	1,13
						K7 K8	4 3	5 7	1,5 1,34

**4.4 Vyhodnocení variant****4.4.1 Varianta A**

Kritérium	Varianta A			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index kritéria
K1	3	1,19	3	3,57
K2	2	1,63	2	3,26
K3	5	1,67	5	8,35
K4	5	1,69	5	8,45
K5	9	1,44	9	12,96
K6	6	1,13	6	6,78
K7	6	1,5	6	9
K8	3	1,34	3	4,02



<b>Celkový součet vážených indexů varianty A</b>	<b>56,39</b>
--	--------------

#### 4.4.2 Varianta B

Kritérium	Varianta B			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index kritéria
K1	3	1,19	3	3,57
K2	9	1,63	9	14,67
K3	3	1,67	3	5,01
K4	3	1,69	3	5,07
K5	5	1,44	5	7,2
K6	3	1,13	3	3,39
K7	3	1,5	3	4,5
K8	5	1,34	5	6,7
<b>Celkový součet vážených indexů varianty B</b>				<b>50,11</b>

#### 4.4.3 Varianta C

Kritérium	Varianta C			
	Hodnota	Váha významnosti	Index změny	Vážený index kritéria
K1	3	1,19	3	3,57
K2	9	1,63	9	14,67
K3	8	1,67	8	13,36
K4	7	1,69	7	11,83
K5	7	1,44	7	10,08
K6	4	1,13	4	4,52
K7	5	1,5	5	7,5
K8	6	1,34	6	8,04
<b>Celkový součet vážených indexů varianty C</b>				<b>73,57</b>

#### 4.4.4 Vyhodnocení všech variant

Pořadí	Celkový součet vážených indexů	Varianta
1	73,57	C
2	56,39	A

3	50,11	B
---	-------	---

## 5 ŘEŠENÍ VARIANTY C

### 5.1 Funkce

Toto řešení je pro svoji jednoduchost v konstrukci a ovladatelnosti ideálním řešením pro danou úlohu paletizování řetězu do palet.

Od svářecího stroje se svařený řetěz pomocí soukače vyzdvihne do výšky cca. 4 metru. Tato výška je žádoucí proto, aby řetěz ze soukače volně visel a nezatěžoval vedení ukladače bočními a příčnými silami. Ze soukače volně visící řetěz je veden přes trychtýřové vedení, kde je umístěn kříž, aby se řetěz netočil. Vodící roura je upevněna na lineárním vedení a zajistí přesné uložení řetězu do palety.

Při ukládání řetězu do palet, by měl být řetěz rovnoměrně rozložen po celé ploše palety, aby nemohlo dojít k sesmeknutí, či převrhnutí palety při manipulaci. Množství uloženého řetězu nesmí přesahovat horní obrys palety a ani nesmí být přetížena.

Do palety se ukládá daný počet článků. Tyto články se počítají pomocí čidel, které jsou umístěny v trychtýři. Při daném počtu článků ukladač najede do rohu palety a pomocí hořáku plazmy, který je umístěn těsně pod trychtýřem, upálí článek.

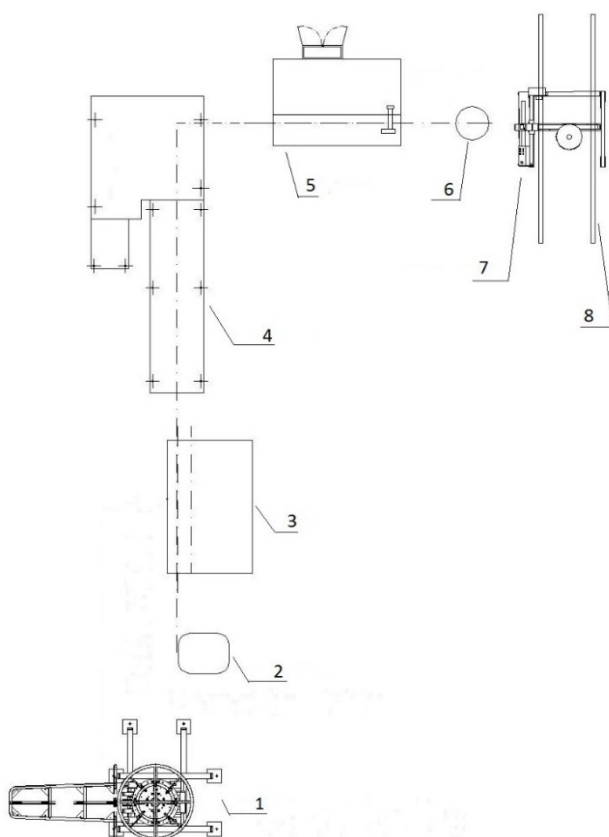
Po naplnění palety řetězem, se nahoru vysune ochranné oplocení ukladače. Pomocí řetězového posunu, který je umístěn ve vedení kolejí, se z jedné strany paleta vysune mimo ukladač a zároveň z druhé strany se vsune připravená prázdná paleta. Zábrany se opět zpustí na do výchozí polohy. Celý cyklus ukládání a výměny palet se opakuje.

Řízení je nastaveno pomocí elektronického systému, který je umístěn v rozvaděči na ukladači. Na ukladači jsou v krajních polohách umístěny čidla, která dávají signál, že je rameno v krajní poloze a změní se tím směr ukládání. Řízení je samočinné, dle nastaveného počtu článků a tím závislé na rychlosti svářecího stroje. V ručním režimu je možno pohon ukladače spouštět vpřed či vzad libovolně.

## 5.2 Rozmístění strojů

Rozmístění technologických zařízení navržené varianty se skládá : ( dle výkresu číslo SVE227-BP-02 )

- |    |                               |                  |
|----|-------------------------------|------------------|
| a) |                               | Drátotah pro     |
|    | tažení drátu na přesný rozměr | pozice 3         |
| b) |                               | Ohýbací stroj    |
|    | článekového řetězu            | pozice 4         |
| c) |                               | Svářecí stroj    |
|    | článekového řetězu            | pozice 5         |
| d) |                               | Soukač řetězu    |
|    | pozice 6                      |                  |
| e) |                               | Lineární ukladač |
|    | řetězu do palet               | pozice 7         |



### 5.3 Technická specifikace zařízení

#### 5.3.1 Drátotah RMG – pozice 3

Model:	1416-6057-87
Výrobce:	RMG
Drátotažný buben:	průměr 1300mm
Drátotažný buben:	materiál D2 nástrojová cel
Max. průměr drátu:	25 mm nelegovaná ocel 22 mm legovaná ocel
Max. tažná síla:	11300 kg
Hlavní motor - výkon:	44,7 kW
Elektrická výbava:	max. 89 A
Rychlost tahu:	15.5 m/min
Pojízdna, sklápěcí hlava:	1,5 kW

#### 5.3.2 Ohýbací stroj – pozice 4

Model:	KER 7
Výrobce:	Vafios
Rozsah síly drátu:	10 – 16 mm
Podávaná délka:	80 – 220 mm
Rozteč článků:	min. 2,7 x d
Rychlost ohýbačky:	10 – 40 čl/min
Hnací motor - výkon:	7,5 kW
Spojka pohonu:	elektromagnetická jednokotoučová
Brzda:	elektromagnetická pružinová se dvěma plochami

#### 5.3.3 Svářecí stroj – pozice 5

Model:	KEH 7
Výrobce:	Vafios
Rozsah síly drátu:	10 – 16 mm
Délka článku:	26 – 100 mm
Rozteč článků:	min. 2,7 x d
Rychlost svářečky:	20 – 35 čl/min
Hnací motor - výkon:	3 kW

---

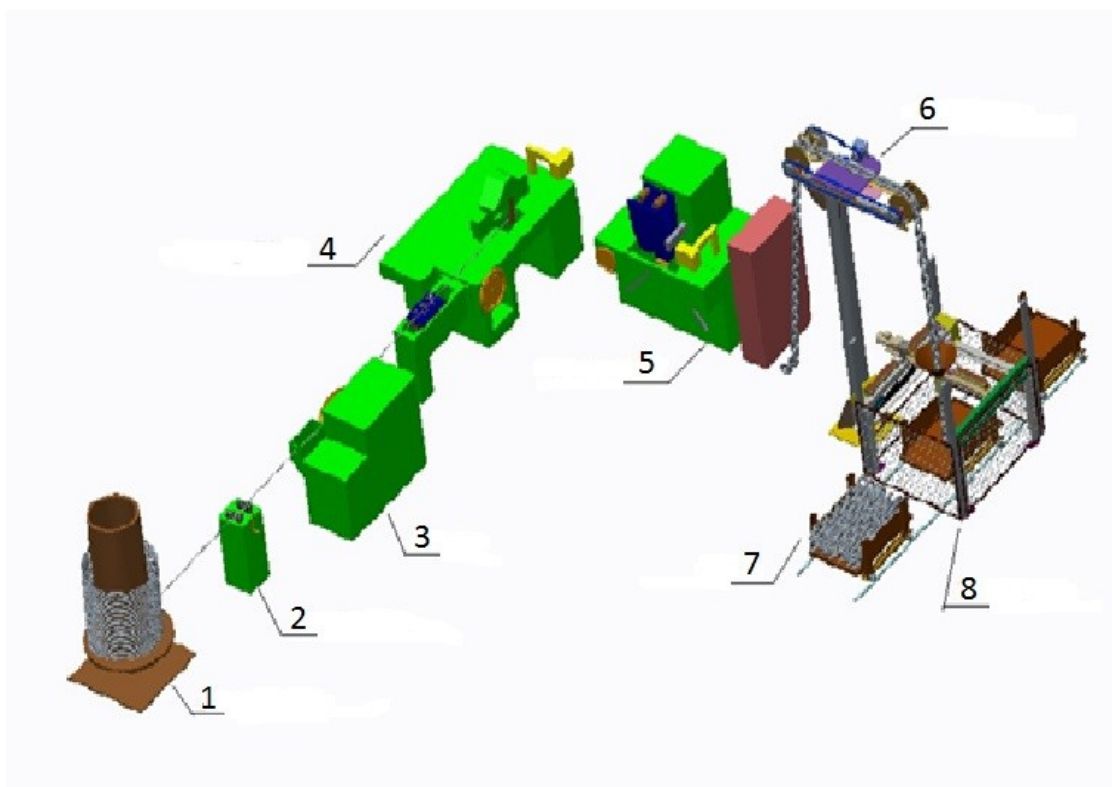
Brzda:	elektromagnetická pružinová se dvěma plochami
Spotřeba chladicí vody:	cca. 25 l/min.
Spotřeba vzduchu:	cca. 11 l/min

### 5.3.4 Lineární ukladač – pozice 7

Ukladač jsem zvolil lineární stavebnicový od firmy FLUIDTECHNIK.

Pohon :

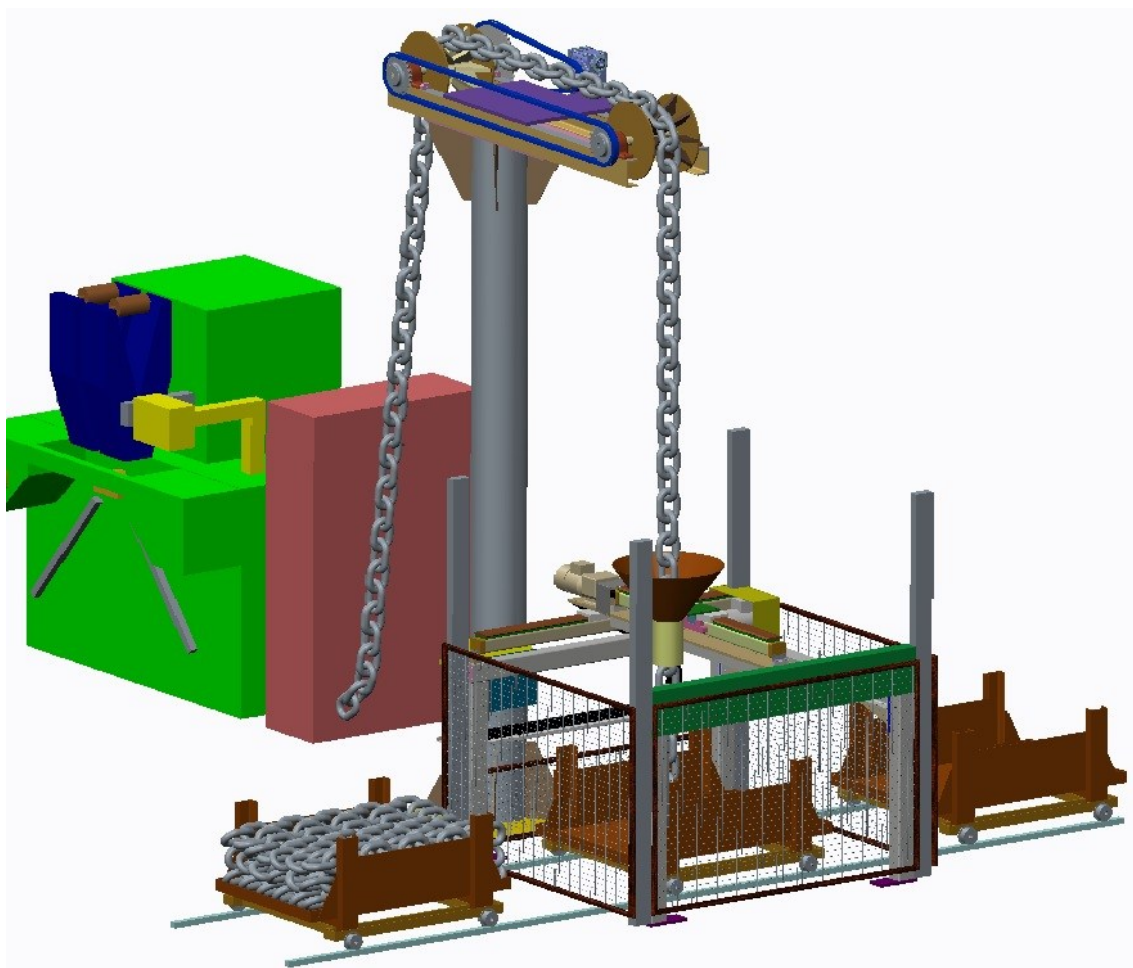
Model:	OSP-E50-10300-01250
Výrobce:	FLUIDTECHNIK
Zdvih:	1250 mm
Délka pohonu:	1600 mm
Lineární vedení:	PROLINE PL50
Stoupání:	5 mm
Hnací motor - výkon:	0,39 kW
Otáčky:	1380 ot/min
Napětí:	230/400V 50Hz
Jmenovitý proud:	1,9/1,1 A
Čidla:	magnetický snímač polohy PNP ES-E
Spojka válce s motorem:	E50-14/15-40-66



Obrázek 1 Sestavení strojů pracoviště

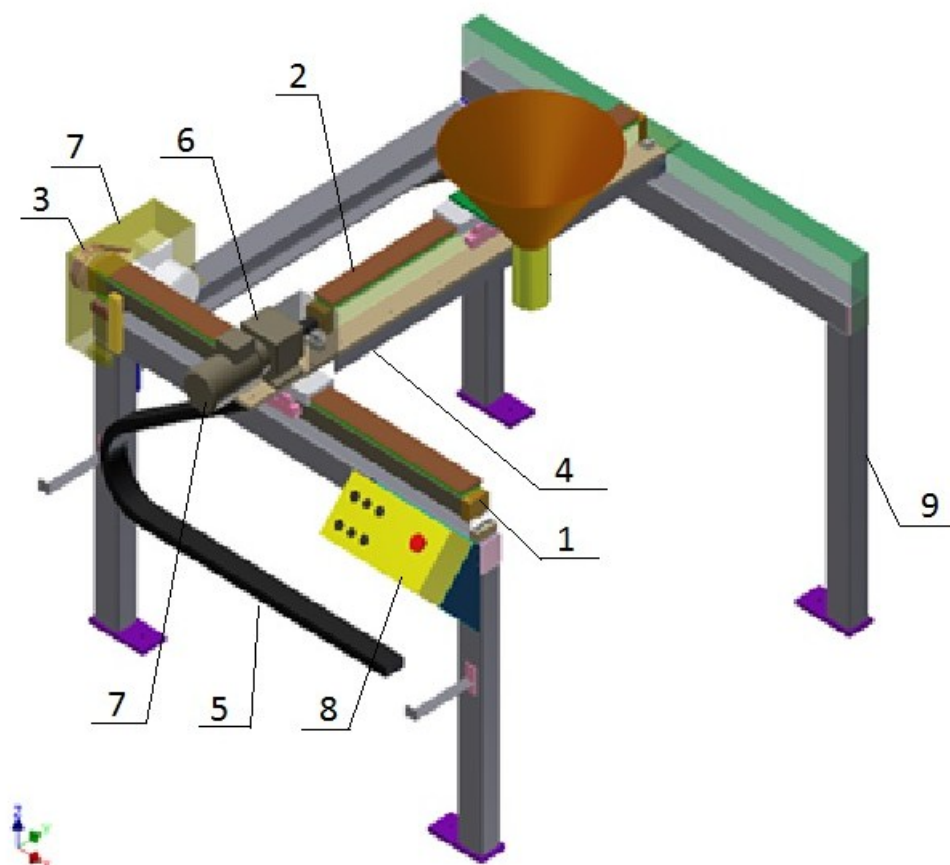
**Popis pracoviště:**

- |    |                 |
|----|-----------------|
| 1. | Odvíjedlo drátu |
| 2. | Rovnačka drátu  |
| 3. | Drátotah RMG    |
| 4. | Ohýbačka KER7   |
| 5. | Svářečka KEH7   |
| 6. | Soukač řetězu   |
| 7. | Železná paleta  |
| 8. | Ukladač řetězu  |



Obrázek 2 Detail paletizování řetězu





Ukladač je sestaven jako stavebnice od firmy FLUIDTECHNIK.

**Popis ukladače:**

1. Elektrický lineární pohon s kuličkovým šroubem OSP-E50-10300-01250-SB+PL50
2. Elektrický lineární pohon s kuličkovým šroubem OSP-E50-10300-01000-SB+PL50
3. Upevnění vík OSP-P/E50
4. Snímač polohy UMS 10-30V DC
5. Kabel rovný PUR 5m KSG50
6. Těleso spojky OR 12075
7. 3-fázový motor s čelní převodovkou DL71G4 F
8. Frekvenční měnič 07.F5
9. Svařená konstrukce

## 6 Kapacitní výpočty

Rychlost výroby je závislá jen na svařecím stroji, kde svařený počet článků za minutu ovlivňuje průměr drátu, ze kterého je článek zhotoven.

### Počet hodin v jedné směně

$$T_s = 7,5 \text{ hod} = 450 \text{ min}$$

### Počet pracovních dnů v roce 2012

$$D_p = D_c - D_{so} - D_{ne} - D_{sv} = 366 - 52 - 53 - 9 = 252 \text{ dnů}$$

### Počet hodin v pracovních dnech za rok

$$T_r = D_p \cdot s \cdot T_s = 252 \cdot 3 \cdot 7,5 = 5670 \text{ hod}$$

### Efektivně odpracované hodiny za jednu směnu

$$H_{ef} = T_s - T_1 - T_2 - T_3 - T_4 = 480 - 10 - 5 - 10 - 5 = 420 \text{ min} = 7 \text{ hod}$$

### Součinitel plnění norem

$$\lambda = \frac{H_{ef}}{T_s} = \frac{420}{450} = 0,933$$

### Objem výroby za směnu

Průměr drátu	Počet článků za minutu	Počet článků za směnu	Počet článků za den
10	35	14700	44100
11	33	13800	41400
12	31	13000	39000
13	29	12100	36300
14	26	10900	32700
15	23	9600	28800
16	20	8400	25200

## Tabulka průměrů a rychlosti svářečského stroje

## 7 Ekonomický rozpis varianty C

### 7.1 Pořizovací náklady ukladače

Popis zboží	Ks	Cena za kus Kč	Celková cena Kč
Elektrický lineární pohon s kuličkovým šroubem OSP-E50-10300-01250-SB+PL50	1	78 600	78 800
Elektrický lineární pohon s kuličkovým šroubem OSP-E50-10300-01000-SB+PL50	1	69 600	69 600
Upevnění vík OSP-P/E50	2	1 550	3 100
Snímač polohy UMS 10-30V DC	4	1 960	7 840
Kabel rovný PUR 5m KSG50	4	880	3 520
Těleso spojky OR 12075	2	2 420	4 840
3-fázový motor s čelní převodovkou DL71G4 F	2	25 500	51 000
Frekvenční měnič 07.F5	2	26 850	53 700
Svařená konstrukce	2	9 500	9 500
<b>Cena bez DPH</b>			<b>281 900</b>
<b>Cena s DPH 21%</b>			<b>341 099 Kč</b>

### 7.2 Mzdové náklady

Hodinová mzda včetně odvodů

$N_h = 300,- \text{ Kč}$

**Mzdové náklady na jednu směnu**

$N_s = N_h \cdot T_s = 300 \cdot 7,5 = 2250,- \text{ Kč}$

**Mzdové náklady za jeden rok**

$N_r = D_p \cdot N_s \cdot s = 252 \cdot 2.250 \cdot 3 = 1\,701\,000,- \text{ Kč}$

### 7.3 Návratnost investice

Roční zisk firmy v roce 2011 byl 52 058 000 Kč

$$\text{návratnost} = \frac{\text{Pořizovací cena ukladače}}{\text{roční zisk}} = \frac{341\,099}{52\,058\,000} = 0,00655 \text{ roku}$$

## 8 Bezpečnost

V pracovním prostoru manipulačního robotu jsou z důvodu zajištění maximální bezpečnosti práce aplikovány prvky pasivní a aktivní bezpečnosti, aby se obsluha nedotkla horkého řetězu při ukládání

- Ochranné hrazení manipulačního prostoru ukladače.
- Ovládací panel se stop tlačítkem na panelu ovladače. Druhé je umístěno z druhé strany pracoviště v místě vstupu prázdné palety.
- Výstražné majáky indikující otevření hrazení a výměnu palet.
- Zastavení ukládání při vysunutí hrazení a výměně palet.

## 9 Závěr

V ročníkovém projektu, jejímž cílem bylo zhodnotit stávající pracoviště ukládání řetězu a navrhnout varianty řešení pro automatickou paletizaci.

Po navržení řešení a zhodnocení kritérií vyšlo jedno řešení, které je vhodné pro realizaci paletizování řetězu.

Možnost realizace návrhu robotizovaného pracoviště vychází z bezpečnosti, usnadnění a odlehčení práce pracovníkům výroby.

### *Seznam použité literatury:*

- [1] Burkovič, J. *Navrhování RTP*, 1. vydání Ostrava: skripta VŠB – TUO, 2002, 260 str. ISBN 80-80-248-0217-1
- [2] Skařupa, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*, Ostrava: skripta VŠB – TUO, 2007, 114 str. ISBN 978-80-248-1522-0
- [3] Řasa, J. *Strojírenské tabulky 1 pro školu a praxi*, Praha: Scientia s.r.o., 1. Vydání 2004, 555 str. ISBN 80-7183-312-6
- [4] Drastík, F. *Technické kreslení podle mezinárodních norem 1*, Ostrava: Montanex a.s., 3. dotisk 2002, 232 str. ISBN 80-7225-013-2
- [5] Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*, Ostrava: skripta VŠB – TUO, 2007, ISBN 978-80-248-1290-8
- [6] Internetové stránky: URL: <http://retezarna.cz/katalog.php>
- [7] Firemní literatura : URL: [http://www.kuka-robotics.com/czech\\_republic](http://www.kuka-robotics.com/czech_republic)
- [8] Firemní literatura: URL: <http://www.fluidbohemia.cz/>
- [9] Internetové stránky: URL: <http://portal.justice.cz/Justice2/Uvod/uvod.aspx>

**Seznam výkresů:**

Příloha č.1 SVE227-BP-01	Umístění pracoviště v hale
Příloha č.2 SVE227-BP-02	Dispoziční řešení – varianta C

**Přílohy:**

Příloha č.3 CD	Bakalářská práce v elektronické podobě (Word, AutoCAD, PDF)
Příloha č.4	Katalog lineárního vedení HOERBIGER - ORIGA